

Kashiwa Science Camp 2019

Feel Quantum Mechanics!

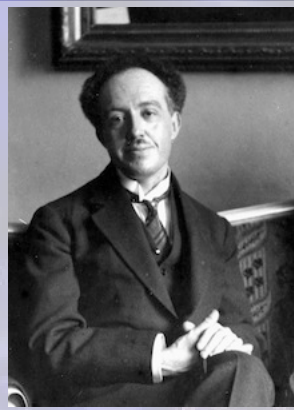
Shingo Katsumoto, Taketomo Nakamura
Yoshiaki Hashimoto

2019年 柏サイエンスキャンプ
量子力学を体感する
第1日

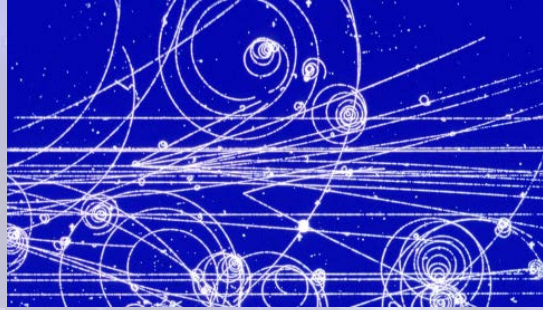
東京大学
理学部・理学系研究科
物理学専攻
物性研究所

勝本信吾, 中村壮智, 橋本義昭

Louis de Broglie 1892-1987



電子は波である



粒子

波



運動量

質量×速度

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

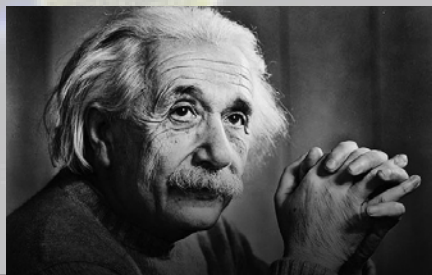
波長の逆数
(波数)

運動エネルギー

$$E = hf$$

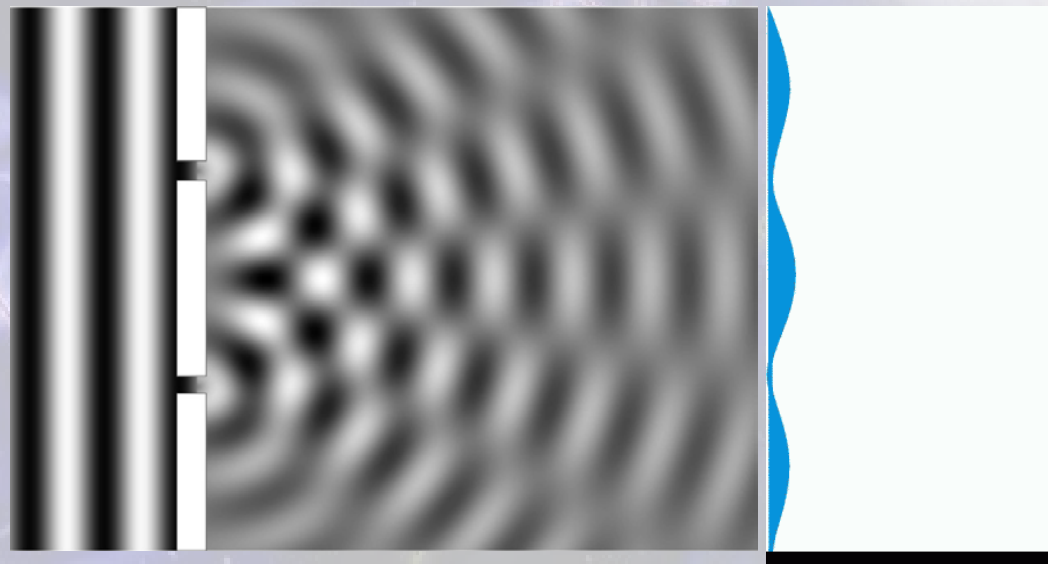
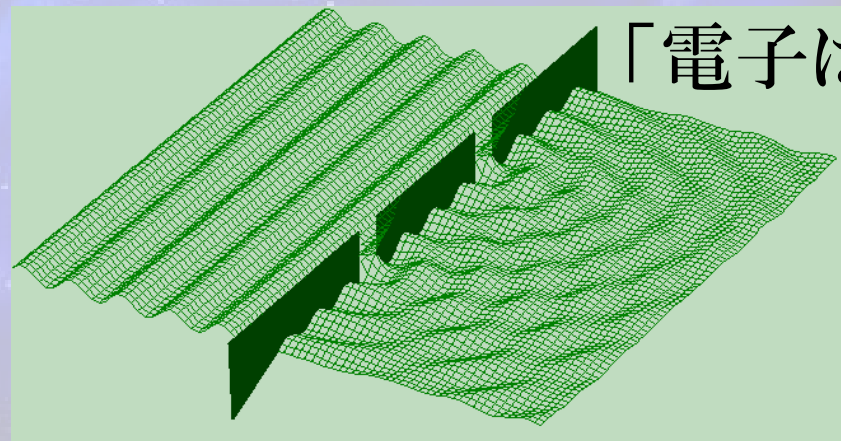
周波数

光は粒である

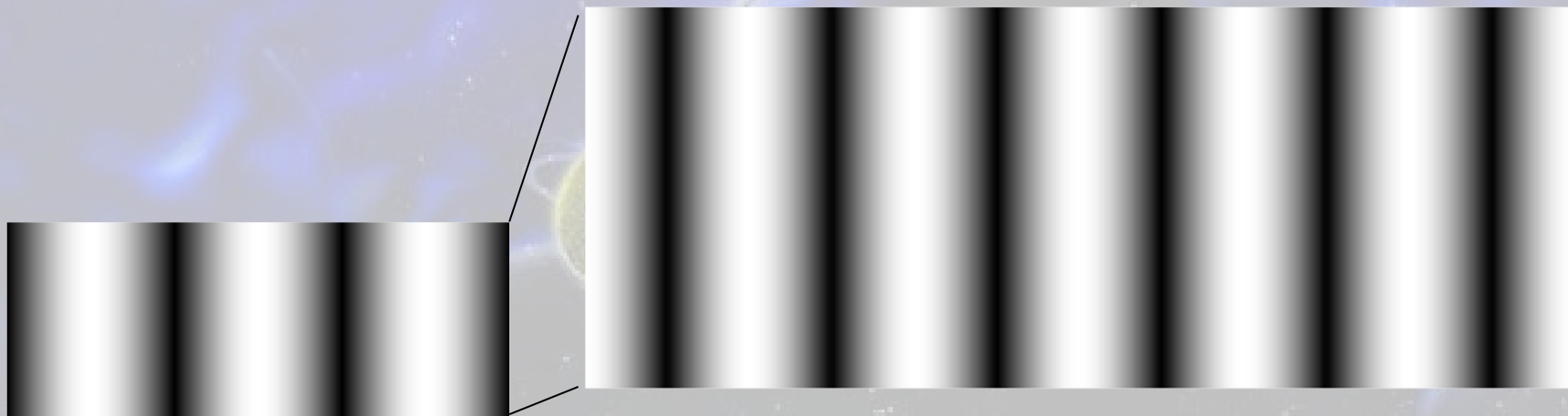


Albert Einstein 1879-1955

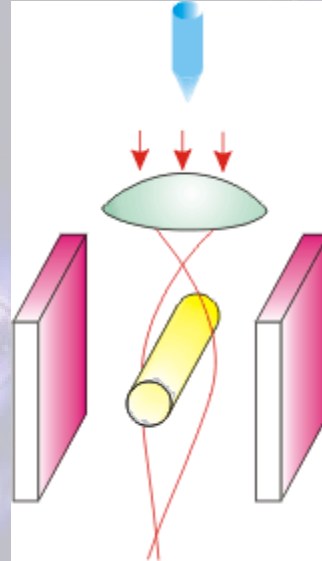
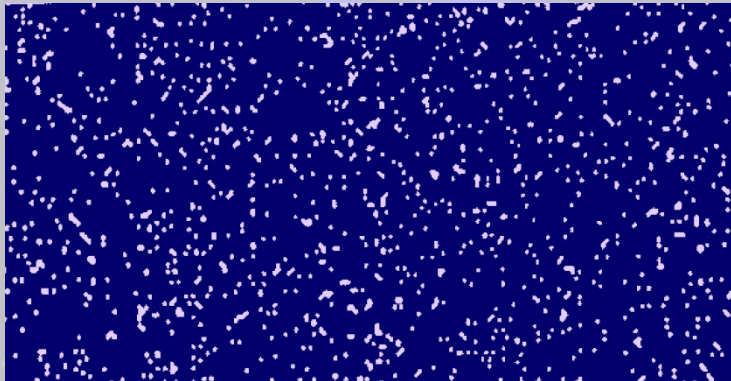
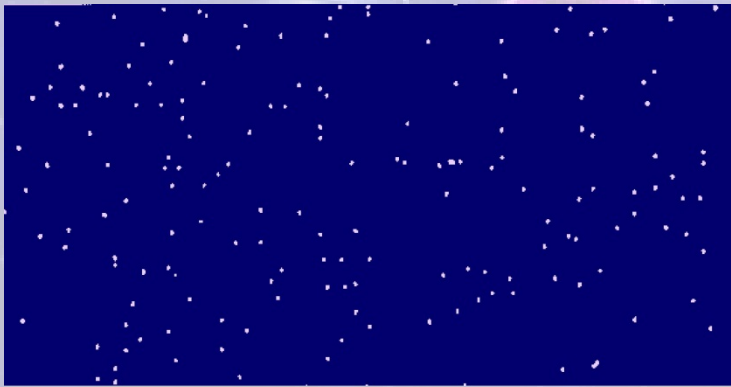
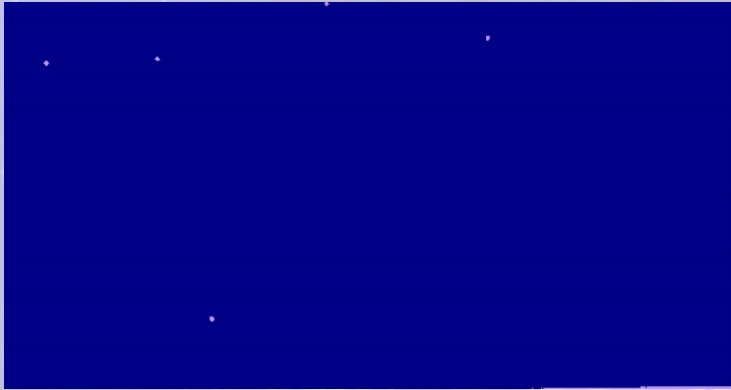
「電子は波である」をどう検証する？



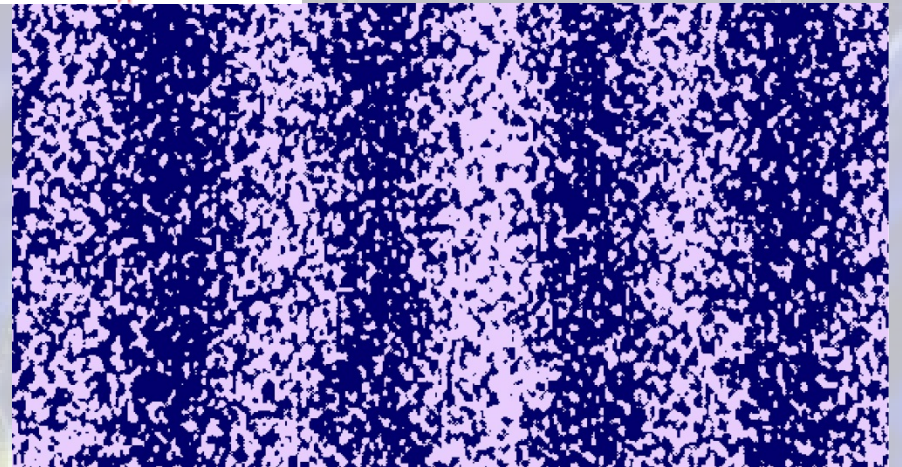
二重スリットの実験を
してみてもは？



電子はどのような意味で「波」か？



外村彰 1942-2012



確率の波，確率振幅

なぜ電気伝導か？



小学校以来なじみがあるよ！

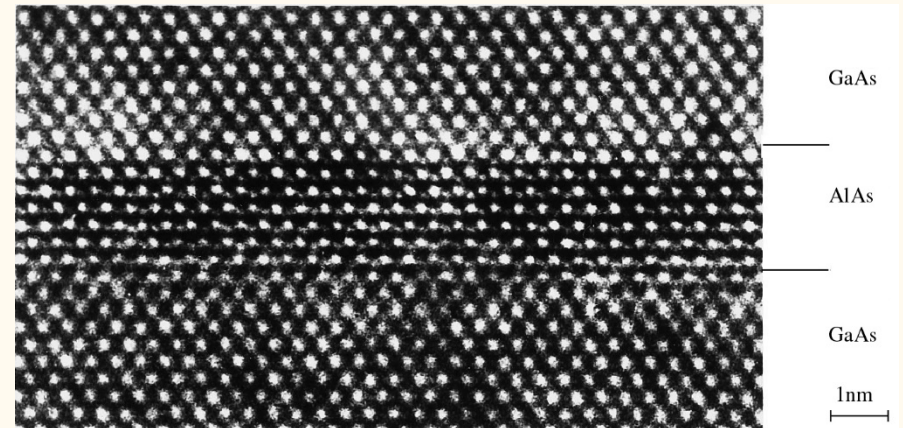
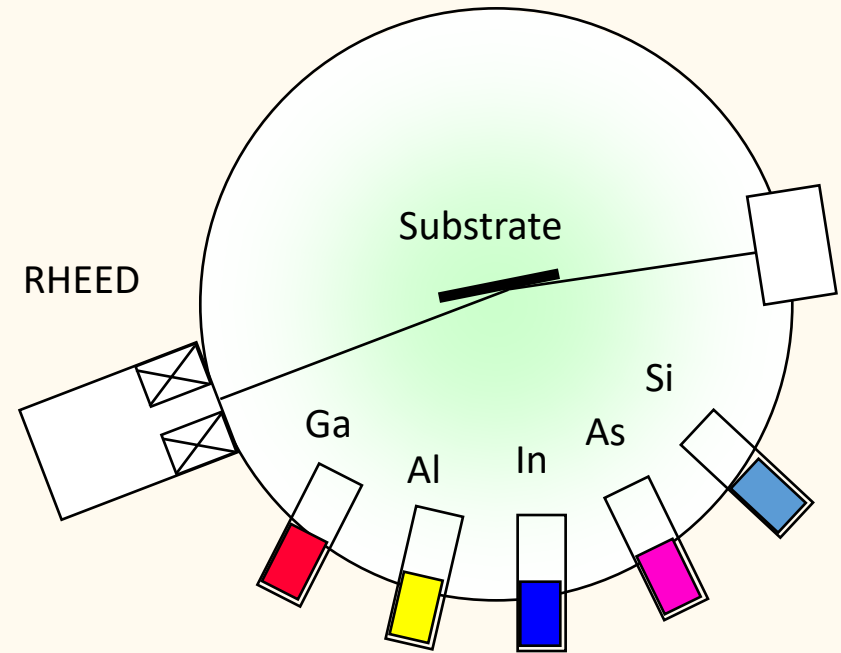


同じコース(状態)をたくさんの電子が通るよ！



渋滞: 広い道路も車の踏切のせいで渋滞するよ！

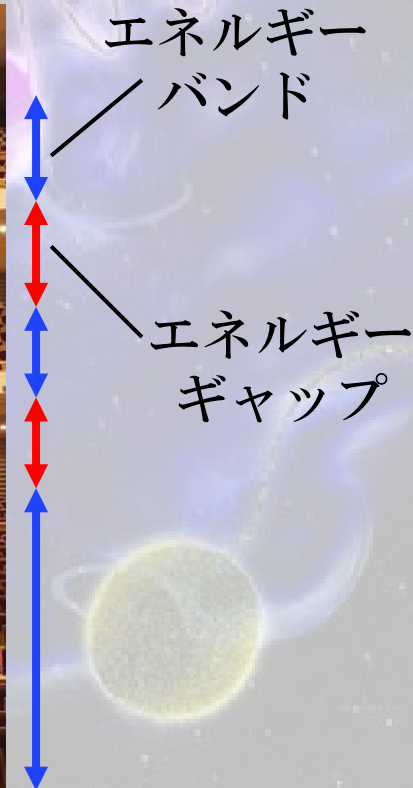
Semiconductor Heterostructure



物質中の電子とエネルギー状態

電子：フェルミオン → 1つの席(エネルギーの
決まった状態：エネルギー準位)を1個の電子が占有

エネルギー



低温：席はエネルギーの低い方から埋まる



物質の中の電子とエネルギー状態

金属

1cc の金属中の電子数：約 100000000000000000000000000000個

電子はフェルミ粒子：1つの状態を1個の電子のみが占めることができる。

→ フェルミ速度：～ 1000km/s！

（ところで、電線を流れる電子の平均速度は 1m/s程度）

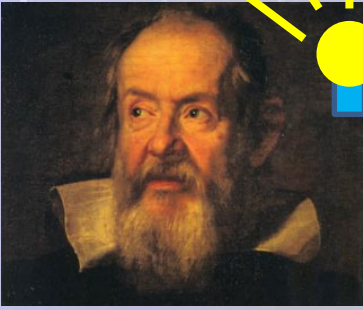
絶縁体

価電子帯：電子で完全に詰まっている

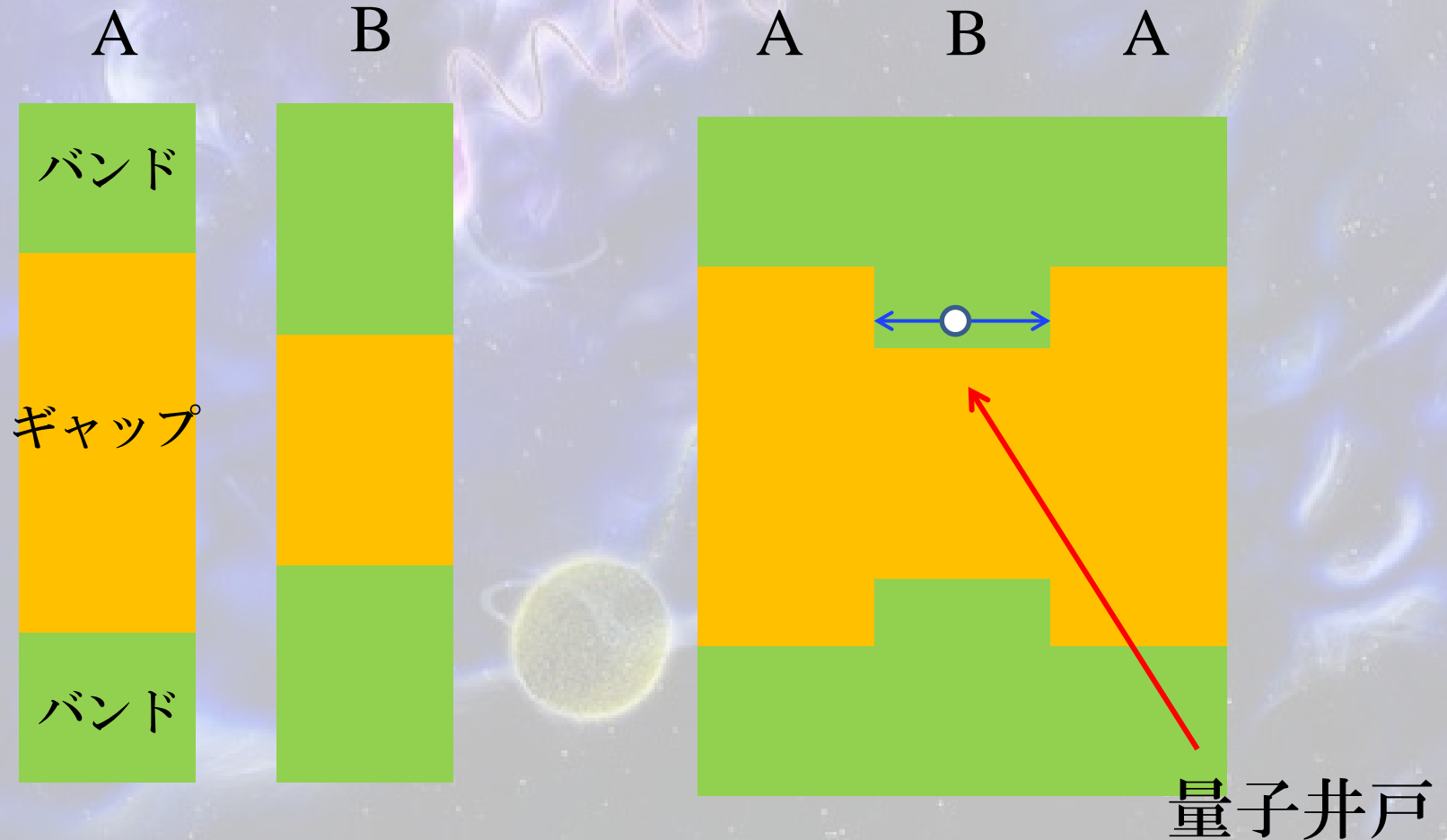
伝導帯：空

電子は全体として流れることができない

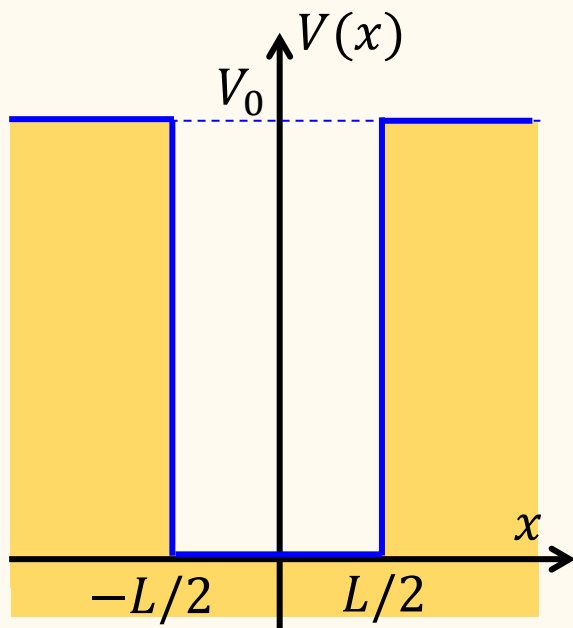
異物質の組み合わせ



エネルギーギャップは物質により異なる



量子井戸とエネルギー量子化

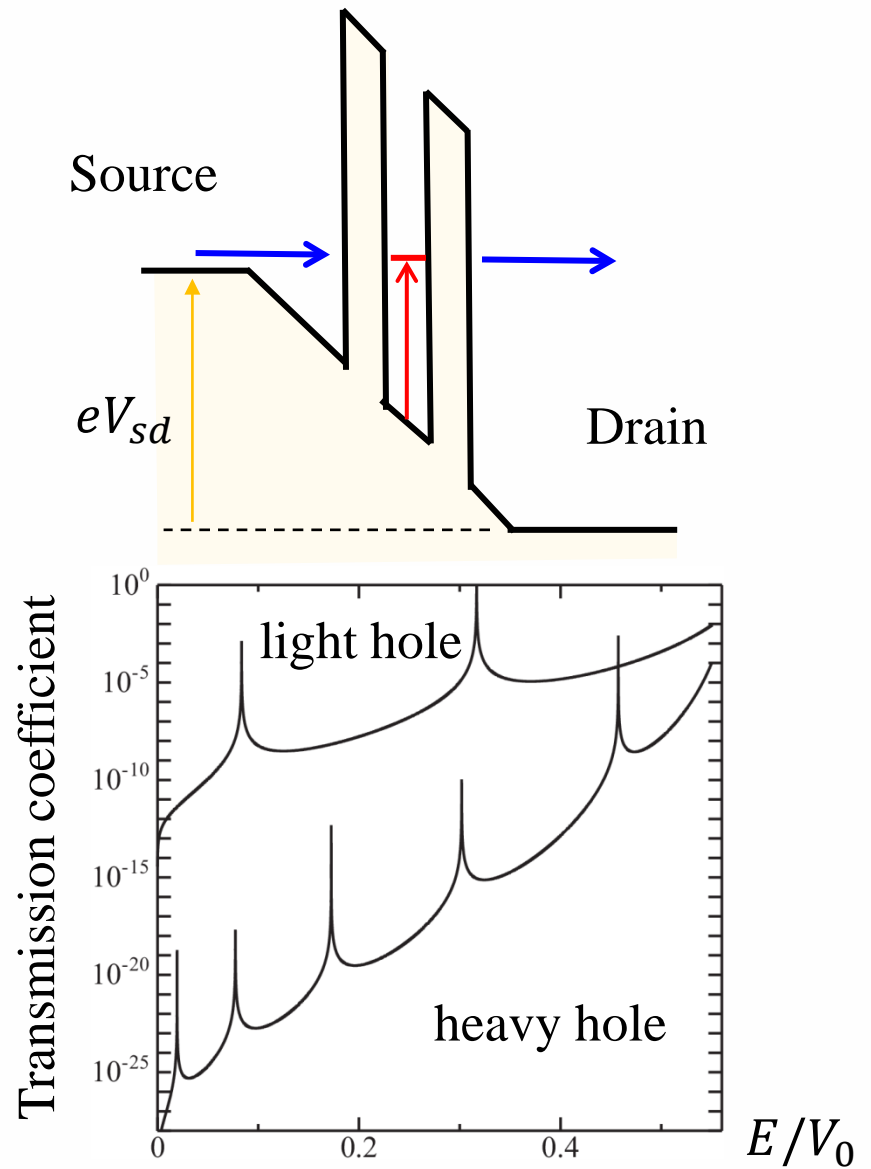
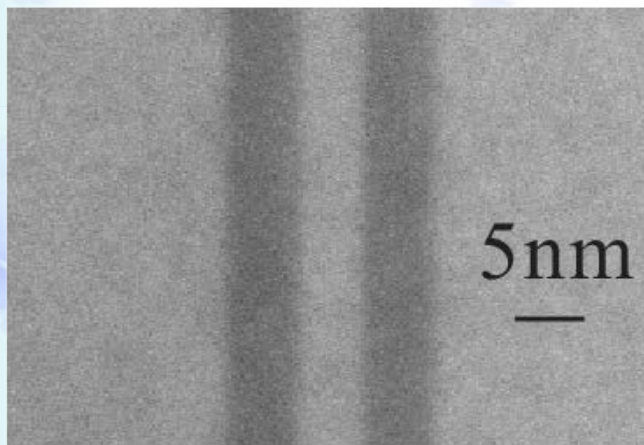
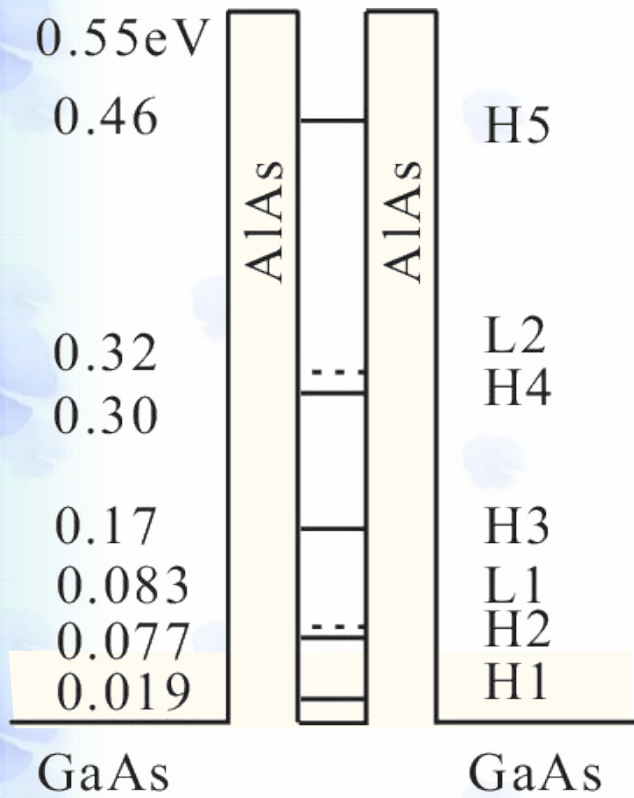


$$\frac{\lambda}{2} = \frac{L}{n} \quad (n = 1, 2, \dots)$$

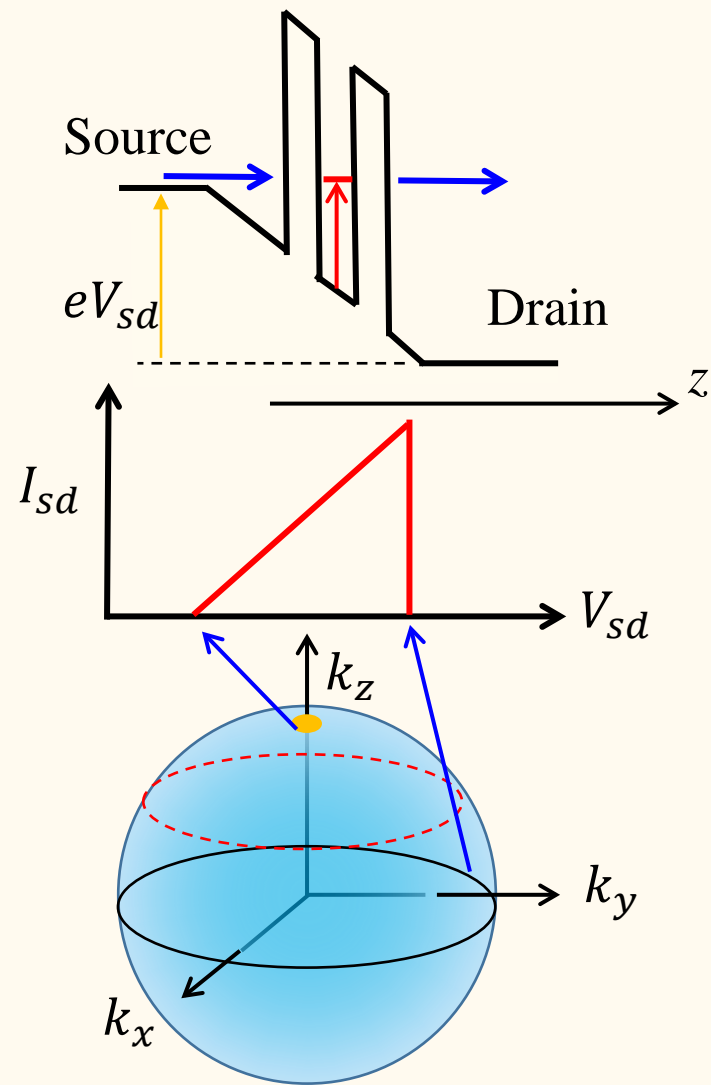
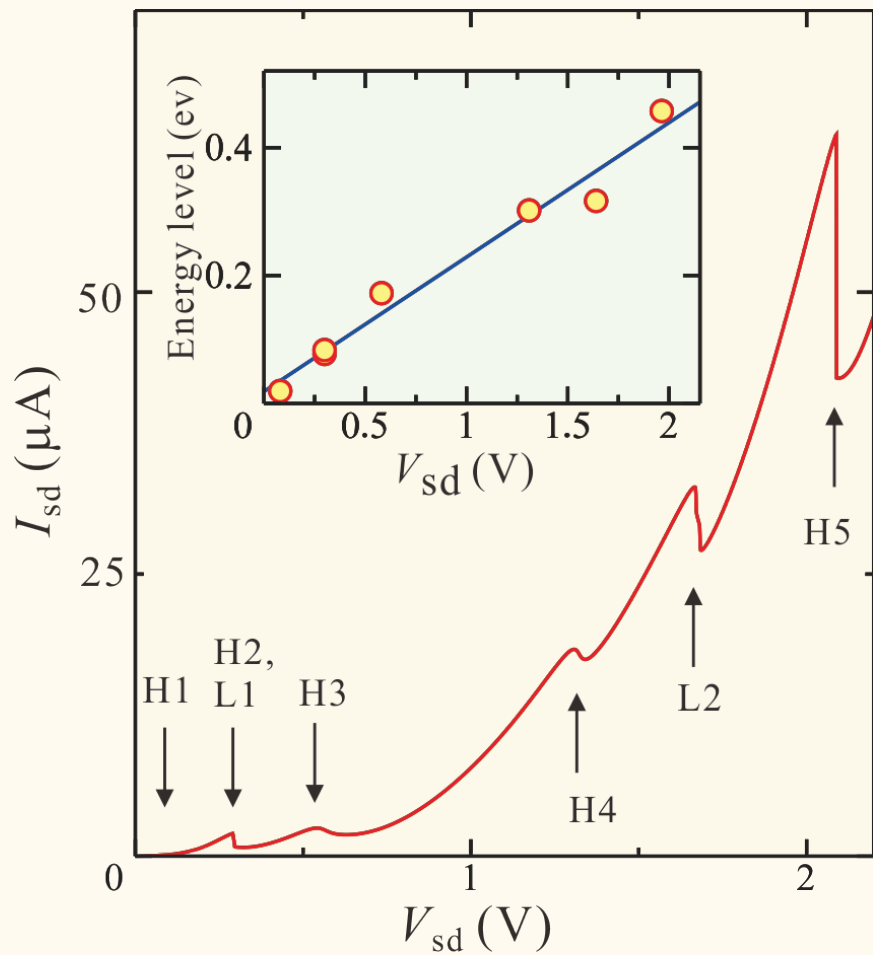
$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{nh}{2L}$$

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{8mL^2} n^2$$

2重障壁ダイオード

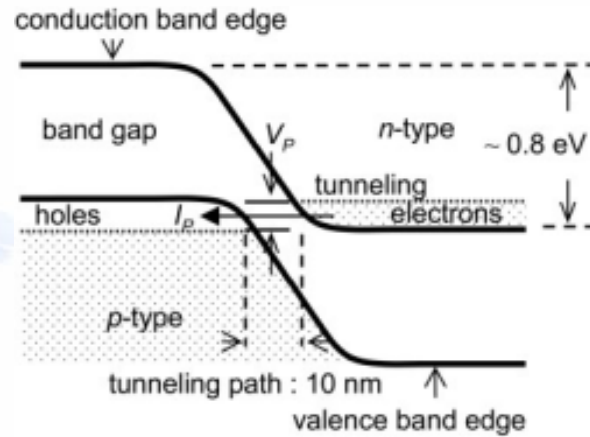


2重障壁ダイオードの電流電圧特性

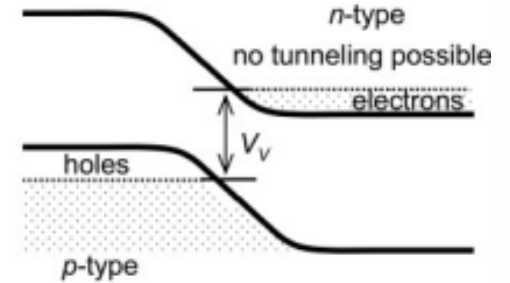


本日行う実験

1. エサキダイオードの電流電圧特性
2. 2重障壁ダイオードの電流電圧特性



(a)



(b)



The Nobel Prize in Physics 1973
Leo Esaki, Ivar Giaever, Brian D. Josephson

Share this: [f](#) [G+](#) [t](#) [+](#) [e](#) [20](#)

The Nobel Prize in Physics 1973



Leo Esaki
Prize share: 1/4



Ivar Giaever
Prize share: 1/4



Brian David Josephson
Prize share: 1/2